

番茄红素在微乳液制备和贮藏过程中 构型转化及稳定性研究

王晓文¹, 张华伟¹, 闫圣坤¹, 李 婧¹, 李 红¹, 张连富^{*1,2}

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122)

摘要: 由于分子中存在大量共轭双键、具有高度不饱和性, 番茄红素在加工和贮藏过程中容易发生构型转化和/或氧化降解。作者采用 Cosmosil Cholesterol-HPLC 高效液相色谱系统对番茄红素微乳液在制备及贮藏过程中番茄红素质量分数及构型变化情况进行研究。结果表明, 在番茄红素微乳液制备过程中全反式番茄红素能异构化为 4 种不同构型的顺式异构体。在番茄红素微乳液中 all-trans 番茄红素占 43.99%、9-cis 番茄红素占 17.96%、13-cis 番茄红素占 15.65%、 x_1 -cis 番茄红素占 7.85%、 x_2 -cis 番茄红素占 9.64%, 且在贮藏过程中 9-cis 番茄红素比 13-cis 番茄红素稳定。番茄红素微乳液在 4 ℃下贮藏 40 d 后, 反式番茄红素和总顺式番茄红素保留率分别为 93.4%、80%, 在 37 ℃贮藏 40 d 后两者保留率分别为 76.4%、21.2%。

关键词: 番茄红素; 顺式异构体; 结构鉴定; 番茄红素稳定性

中图分类号: S 641.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2013)01—0022—08

Study on the Configuration-Changing and Stability of Lycopene in the Process of Microemulsion Preparation and Storage

WANG Xiao-wen¹, ZHANG Hua-wei¹, YAN sheng-kun¹, LI Jing¹, LI Hong¹, ZHANG Lian-fu^{*1,2}

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. State Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Due to its abundant conjugated double bonds in the molecule, lycopene is highly unsaturated and tend to configuration-changing and/or oxidative degradation during its procession and storage. In this paper, we studied the configuration-changing and total amount changes of lycopene in the process of microemulsion preparation and storage via Cosmosil Cholesterol-HPLC system. The results indicated that all-trans lycopene would be transferred into 4 different cis-isomers besides all-trans itself in the process of microemulsion preparation, the ratio of all-trans lycopene, 9-cis lycopene, 13-cis lycopene, x_1 -cis lycopene and x_2 -cis lycopene were 43.99%, 17.96%, 15.65%, 7.85% and 9.64% respectively in lycopene microemulsion, while 9-cis lycopene was more stable than 13-cis lycopene during the storage. After storing at 4 ℃ for 40 days, 93.4% of

收稿日期: 2012-06-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(31171724); 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD33B05)。

* 通信作者: 张连富(1967—), 男, 河北唐山人, 工学博士, 教授, 主要从事功能性食品研究。Email: lianfu@jiangnan.edu.cn

trans-lycopene and 80% of total cis-lycopene were retained, however, at 37 °C for 40 days, 76.4% of trans-lycopene and 21.2% of total cis-lycopene were retained respectively.

Keywords: lycopene, cis-isomer, structure identification, lycopene stability

番茄红素是一种直链型碳氢化合物,分子中含有 11 个共轭双键和 2 个非共轭双键,理论上存在 2 048 种立体异构体,实际可能存在的异构体种类也有 72 种^[1]。人和动物自身不能合成番茄红素,人体内的番茄红素来源于膳食,以番茄及番茄制品、西瓜、番石榴、木瓜为主^[2]。近年来,一些实验研究表明,番茄红素比其它类胡萝卜素有更强的淬灭单线态氧自由基的能力^[3],其能力是 β -胡萝卜素的 2 倍、 α -生育酚的 100 倍^[4];番茄红素可以降低某些癌症(如乳腺癌、消化道癌、前列腺癌)的发病几率,可以预防心血管疾病^[5-6]。

番茄红素作为一种功能性天然红色素,被广泛应用于保健食品、医药和化妆品中。番茄红素高度不饱和的结构导致它的稳定性很差,因此番茄红素在加工的过程中容易发生氧化降解和顺反异构化反应,经热处理制备得到的番茄红素制品中发现了顺式异构体^[7-8]。尤其在高温处理过程中番茄红素异构化非常明显,番茄红素的氧化降解和异构化不仅影响含番茄红素制品的色泽,进而影响番茄红素制品的营养价值。一些研究表明,顺式结构的番茄红素更容易被人体吸收,并且较全反式的番茄红素具有更强的生理效能^[9],番茄红素制品的生物效能不仅与番茄红素的含量有关而且也与番茄红素的异构化有关。有关水溶性番茄红素微乳液在加工过程中番茄红素结构变化、番茄红素微乳液在不同贮藏条件下贮藏所引起的番茄红素氧化和异构化的研究比较少,因此,研究番茄红素微乳液在加工和贮藏过程中番茄红素的氧化和异构化,对于正确地选择加工工艺和贮藏条件至关重要。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试剂

番茄红素(质量分数为 90%):华北制药股份有限公司产品;中链甘油三酸酯:食品级,浙江建德市千岛精细化工有限公司产品;抗氧化剂:食品级,广州泰邦食品添加剂有限公司产品;吐温 40:食品级,广州市润华食品添加剂有限公司产品;乙腈、四氢

呋喃:色谱纯,国药集团化学试剂有限公司产品。

DH-700 型油浴锅:常州普天仪器制造有限公司产品;HH4 恒温水浴锅:江苏金坛市荣华仪器有限公司产品;SD-250A 型恒温培养箱:南京实验仪器厂产品;冰箱;KJ-300 超声波发生器:无锡浩洁超声电子设备有限公司产品;UV-2012PCS 紫外可见风光度计:UNICO 中国有限公司产品;Waters2695 高效液相色谱仪:Waters 公司产品。

1.2 试验方法

1.2.1 番茄红素微乳液的制备 称取番茄红素粉末(90%)加入中链甘油三酸酯中在一定的温度下加热溶解一段时间,接着加入吐温和乙二醇乳化,乳化完成后加入蒸馏水,得到水溶性番茄红素乳液。

1.2.2 番茄红素微乳液中番茄红素的提取 量取 2 mL 番茄红素微乳液加入 10 mL 蒸馏水稀释,加入乙酸乙酯进行 3 次萃取,萃取过程在 80 °C 的水浴中进行,乙酸乙酯提取液用无水硫酸钠进行脱水,过滤,得番茄红素提取液,并用乙酸乙酯定容至 100 mL。用微孔过滤膜(0.45 μ m)进行过滤,所得滤液在 4 °C 冰箱冷藏备用。以上所有操作尽量避光。

1.2.3 番茄红素微乳液在不同条件下的储藏 取一定量的番茄红素微乳液装瓶并用锡箔纸包装,充氮气封口。然后分别置于 4、25、37 °C 的条件下进行贮藏,在贮藏过程中定期取样检测微乳液中番茄红素的变化。

1.2.4 紫外-可见光谱鉴定微乳液中番茄红素结构的变化 用紫外可见分光光度计对番茄红素微乳液中的番茄红素乙酸乙酯提取液进行 UV-Vis 光谱扫描,并与全反式番茄红素的乙酸乙酯溶液的 UV-Vis 光谱扫描光谱图比较,通过观察两者之间的区别,确定番茄红素微乳液中是否存在顺式结构的番茄红素。

1.2.5 HPLC 分离番茄红素乳液中不同结构的番茄红素 色谱柱: COSMOSIL Cholesterol 柱(4.6 mm $\times$ 250 mm, 5 μ m); 流动相为乙腈与四氢呋喃的体积分数梯度洗脱,乙腈在 60 min 内由体积分数 100% 减小到 90%, 60~80 min 内乙腈维持 90%; 流量为 1

mL/min;检测波长为 472 nm;柱温 25 ℃;进样量为 10 μL;二极管阵列检测器。

1.2.6 番茄红素各 HPLC 图谱峰的鉴定 用高效液相色谱对不同结构的番茄红素异构体进行分离并用二极管阵列检测器对每一个图谱峰进行紫外-可见光谱扫描,通过各色谱峰的全波长扫描图、主要吸收峰的波长和 Q 值(Q 值即为在 362 nm 处的吸收强度与最大吸收峰吸收强度的比值)来鉴定番茄红素属于那种构型。

1.2.7 番茄红素标准曲线的绘制 准确称取质量分数为 90% 的番茄红素粉末 22.22 mg 溶解于 100 mL 乙酸乙酯中,配制成 20 mg/dL 的番茄红素乙酸乙酯溶液,再将此溶液分别配制成番茄红素质量浓度分别为 2、4、6、8、10 mg/dL 系列标准溶液,用 HPLC 测定各溶液的峰面积。以标准溶液的浓度为横坐标,峰面积为纵坐标作图,绘制番茄红素标准曲线,得到线性方程为: $Y=2\ 895\ 510x+414\ 430$ ($R^2=0.999\ 5$)。

2 结果与讨论

2.1 番茄红素在微乳液制备过程中的氧化和异构化

2.1.1 紫外-可见光谱鉴定番茄红素顺式异构体 对比全反式番茄红素乙酸乙酯溶液全波长扫描图(图 1)与番茄红素微乳液中番茄红素乙酸乙酯提取液的全波长扫描图(图 2)可知,两个全波长扫描图中番茄红素分别在 447、473、503 nm 处有 3 个最大吸收波长;但是番茄红素微乳液中的番茄红素的特征吸收光谱发生变化,在近紫外区(361 nm)处出现了特征吸收峰,此波长的特征吸收是由于反式番茄红素异构化为顺式异构体而引起的,因此可以初步确定番茄红素微乳液在加工过程中番茄红素的结构发生的变化。

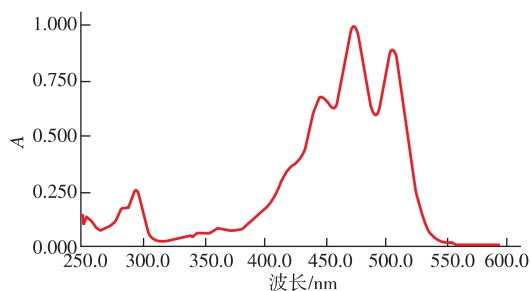


图 1 全反式番茄红素紫外-可见光谱图

Fig. 1 UV-Visible spectrum of all-trans lycopene

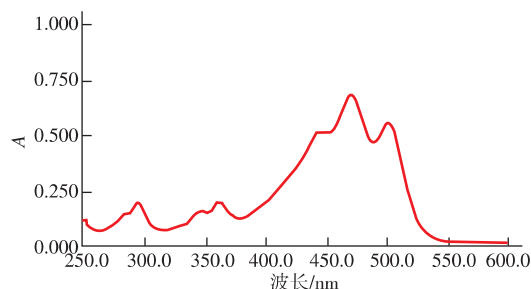


图 2 番茄红素微乳液中番茄红素紫外-可见光谱图

Fig. 2 UV-Visible spectrum of lycopene in lycopene microemulsion

2.1.2 HPLC 分离并鉴定番茄红素顺式异构体 从图 3 中的 HPLC 图谱峰中可以看到,全反式的番茄红素经 HPLC 分离出现了一个单一的色谱峰,且其在此液相条件下的保留时间(R_t)为 57.13 min,从此色谱峰的 UV-Vis 光谱可知全反式番茄红素 3 个最大吸收峰分别为 447、473、505 nm。由于全反式番茄红素不稳定,因此在加工的过程中容易发生了氧化降解和异构化;从图 4 中可以看到,经加过处理所得番茄红素微乳液中的番茄红素经液相色谱分离得到了 7 个色谱峰,由这 7 个色谱峰及每个色谱峰的 UV-Vis 光谱可知,保留时间(R_t)为 56.55 min 所对应的成分与图 3 中全反式番茄红素的保留时间基本一致($R_t=57.13$ min),并且其 UV-Vis 光谱与图 3 中全反式番茄红素 UV-Vis 光谱完全一致(最大吸收分别为 447、473、505 nm),因此可以认定此成分为全反式番茄红素。

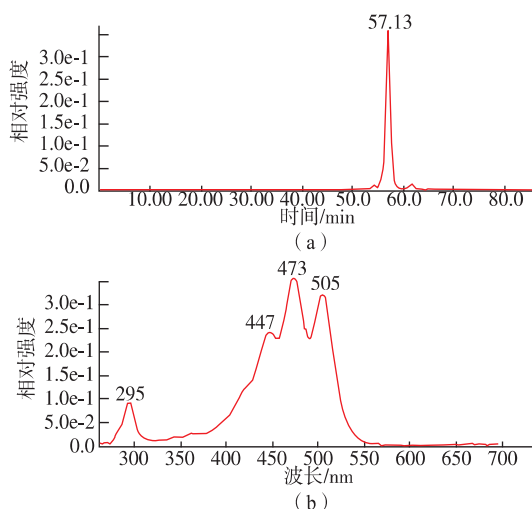


图 3 全反式番茄红素的 HPLC 色谱峰(左)与其 UV-Vis 光谱图(右)

Fig. 3 HPLC chromatogram (L) and the UV-Vis spectrum (R) of all-trans lycopene

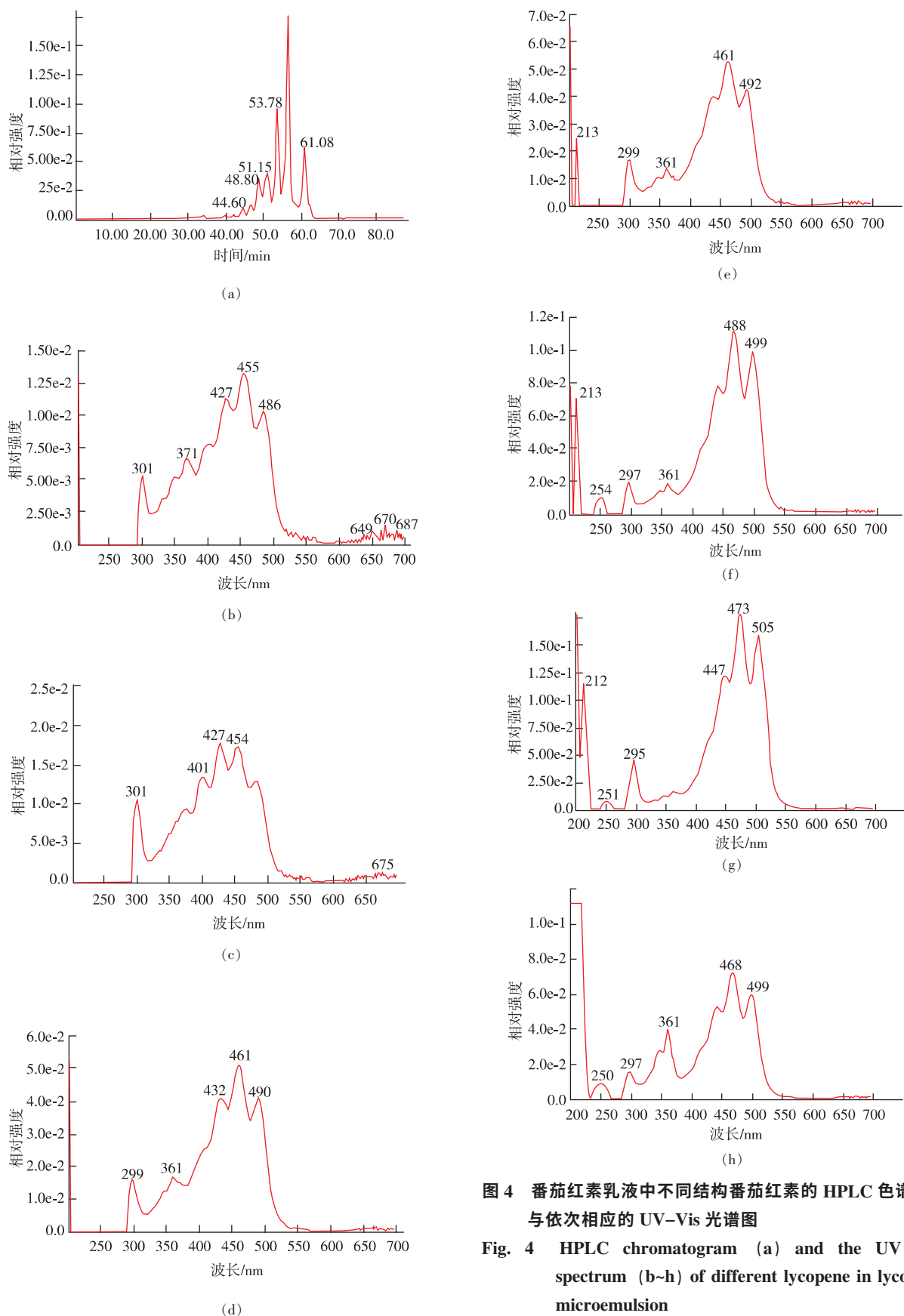


图4 番茄红素乳液中不同结构番茄红素的 HPLC 色谱峰与依次相应的 UV-Vis 光谱图

Fig. 4 HPLC chromatogram (a) and the UV-Vis spectrum (b~h) of different lycopene in lycopene microemulsion

其中, 色谱峰上保留时间 ($R_t=48.8$ 、 $R_t=51.15$ 、 $R_t=53.78$ 、 $R_t=61.07$ min) 对应的成分的 UV-Vis 光谱与全反式番茄红素的 UV-Vis 光谱类似, 但是它们都在 361 nm 处出现了一个较强的特征吸收峰, 且主要吸收峰的峰高也略微降低, 并向紫外区转移 4~12 nm。这些变化与番茄红素顺式异构体的 UV-Vis 光谱一致, 可以认定这 4 中成分为 4 种不同构型的番茄红素顺式异构体。

另外, 保留时间 ($R_t=44.6$ min, $R_t=46.68$ min) 对

应成分的 UV-Vis 光谱图与全反式番茄红素的 UV-Vis 光谱相比有明显的变化, 两者都有 5 个最大特征吸收峰, 且其最大吸收峰较全反式番茄红素紫移 30 nm 左右, 这些变化与番茄红素氧化产物和裂解产物的 UV-Vis 光谱相似, Ferreira^[10]的研究中番茄红素氧化产物的 UV-Vis 光谱中特征吸收峰出现在 400、420、450 nm, 因此可以初步推断两者为番茄红素氧化产物或裂解产物, 其具体结构的鉴定尚待进一步的研究。

表 1 番茄红素乳液中不同构型番茄红素 HPLC 色谱峰的鉴定

Table 1 Identification of HPLC chromatogram of different lycopene in lycopene microemulsion

保留时间/min	推测种类	实验最大吸收波长/nm					Q 值	参考最大吸收波/nm 文献 ^[10-13]				参考 Q 值
44.6	—	371	401	427	455	486	—	—	400	420	450	—
46.68	—	372	401	427	454	483	—	—	400	420	450	—
48.80	x1-cis	361	—	432	461	491	0.335	360	437	463	494	0.38
51.15	x2-cis	361	—	438	461	492	0.255	—	—	—	—	—
53.78	9-cis	361	—	442	468	499	0.141	360	438	464	494	0.12
56.55	trans	—	—	447	473	505	—	—	452	476	506	—
61.07	13-cis	361	—	443	468	499	0.547	362	444	468	499	0.55

通过表 1 中的实验数据和文献报道数据的对比, 可以确定番茄红素微乳液中几种不同构型番茄红素异构体: $R=53.78$ min 为 9-cis, $R=56.55$ min 为 all-trans, $R=61.07$ min 为 13-cis; 另外, $R=48.80$ min 为 X₁-cis, $R=51.15$ min 为 X₂-cis。其中一些实验数据和文献报道数据略有差异, 分析其主要原因是不同的文献中采用不同的流动相和色谱条件所致。

2.1.3 番茄红素乳液中各种不同构型番茄红素异构体的质量分数 由于分子中含有 13 个双键, 全反式番茄红素在热处理过程中非常不稳定。在番茄

红素微乳液在制备过程中, 全反式番茄红素经油中的高温溶解、高温乳化后发生了明显的异构化, 从表 2 的数据可知, 与处理前的番茄红素粉 (只含全反式番茄红素) 相比番茄红素微乳液中全反式番茄红素所占比例明显减少, 占总番茄红素的 43.99%。其中, 顺式番茄红素中 9-cis 的含量最多, 占番茄红素总量的 17.96%, 13-cis 的含量略少于 9-cis, 占总量的 15.65%, 另外两种顺式番茄红素占比都少于 10%; 另外, 在加工过程中产生的番茄红素氧化产物或裂解产物占总番茄红素的 4.91%。

表 2 番茄红素微乳液中不同构型番茄红素的质量分数

Table 2 Ratio of different lycopene in lycopene microemulsion

结构类型	X ₁ -cis	X ₂ -cis	9-cis	trans	13-cis	Total cis	其他
质量分数/%	7.85	9.64	17.96	43.99	15.65	51.10	4.91

2.2 番茄红素微乳液在不同条件下贮藏过程中番茄红素稳定性

2.2.1 番茄红素微乳液在 4 ℃贮藏过程中番茄红素的稳定性 从图 5 可以看出,顺式番茄红素的总量随时间的延长逐渐减少,在前 10 d 贮藏过程中总顺式番茄红素下降较快,但贮藏 10 d 其保留率下降缓慢,贮藏 40 d 后,其保留率约为 80%。反式番茄红素在前 15 d 贮藏过程中呈缓慢的下降趋势,贮藏 15 d 时保留率约为 92.5%,贮藏 15 d 后其保留率呈缓慢的上升趋势,28 d 时保留率最大达到 93.8%,这可能是由于番茄红素微乳液中一部分顺式异构体异构化为反式番茄红素的原因,Lovric 等人^[14]也认为番茄红素在贮藏过程中会发生顺-反互变现象。在此条件下贮藏番茄红素总量保留率逐渐缓慢下降,40 天后其保留率约为 86%。

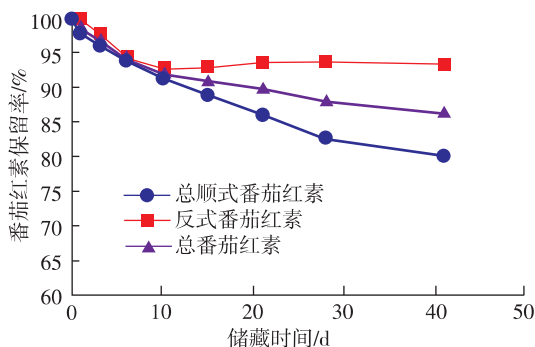


图 5 在 4 ℃贮藏过程中番茄红素总量、反式番茄红素和顺式番茄红素总量的变化

Fig. 5 Change of total amount of lycopene,trans lycopene and total amount of cis-lycopene during the storage at 4 °C

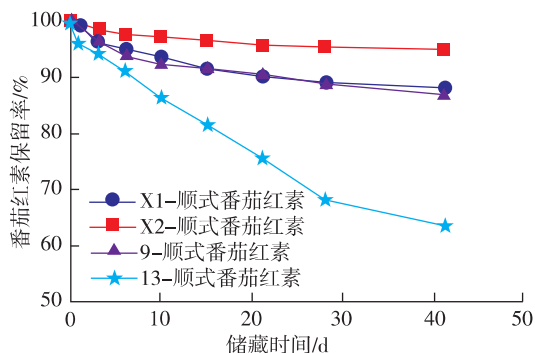


图 6 在 4 ℃贮藏过程中各顺式番茄红素的变化

Fig. 6 Change of all cis-lycopene during the storage at 4 °C

从图 6 可以看出,各顺式番茄红素的保留率在贮藏过程中都呈现下降趋势,但是不同顺式异构体保留率随贮藏时间的延长其变化存在显著的差异,其中 13-顺式番茄红素的稳定性最差,贮藏 40 d 后其保留率约为 63%。9-顺式番茄红素和 X₁-顺式番茄红素在此条件下贮藏稳定性相当,贮藏 40 d 后两者的保留率约为 80%。另外,X₂-顺式番茄红素的稳定性最好,在 4 ℃下贮藏 40 d 后损失率仅为 5%。

2.2.2 番茄红素微乳液在 25 ℃贮藏过程中番茄红素的稳定性 从图 7 可以看出,在 25 ℃下贮藏时,番茄红素总量和总顺式番茄红素的变化情况与 4 ℃下贮藏相似,但是在此条件下贮藏两者的保留率要比 4 ℃下低,贮藏 40 d 后它们的保留率分别为 68.6%、47.9%,这一变化说明温度升高能够促进番茄红素的降解,许时婴等人^[15]的研究中也报道温度对番茄红素粉中的番茄红素降解有促进作用。反式番茄红素在贮藏过程中的变化趋势类似于 4 ℃下贮藏,但是与 4 ℃下贮藏相比反式番茄红素在 25 ℃下贮藏 8 d 后,由起初的缓慢下降趋势变为缓慢的上升趋势,且在 15 d 后保留率又开始缓慢下降。

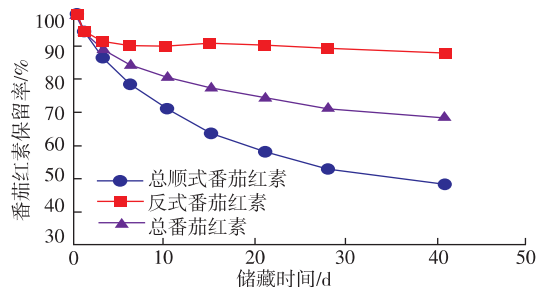


图 7 在 25 ℃贮藏过程中番茄红素总量、反式番茄红素和顺式番茄红素总量的变化

Fig. 7 Change of total amount of lycopene,trans lycopene and total amount of cis-lycopene during the storage at 25 °C

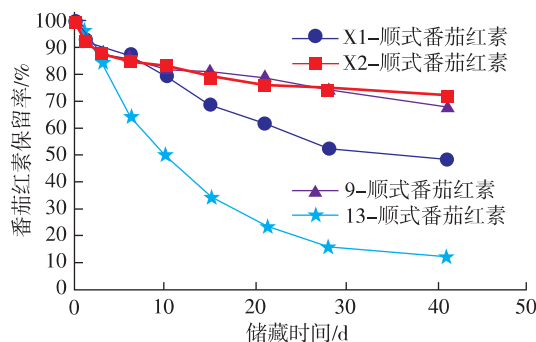


图 8 在 25 ℃贮藏过程中各顺式番茄红素的变化

Fig. 8 Change of all cis-lycopene during the storage at 25 °C

从图 8 可知, 各顺式番茄红素量在 25 °C 下贮藏时都逐渐下降, 但是由于温度升高能加速番茄红素的降解, 因此它们在此条件下的氧化降解速率明显大于 4 °C 时的氧化速率, 其中 13-顺式番茄红素的变化最为明显, 贮藏 40 d 后保留率仅为 12.8%, X_2 -顺式番茄红素保留率约为 4 °C 贮藏的一半, 9-顺式番茄红素保留率变化较小。

2.2.3 番茄红素微乳液在 37 °C 储藏过程中番茄红素的稳定性 从图 9 和图 10 可以看出, 番茄红素微乳液在 37 °C 下贮藏时, 番茄红素的变化趋势与低温贮藏的变化趋势一致, 但是反式番茄红素的保留率的变化明显小于顺式番茄红素保留率的变化, 这就说明温度对顺式番茄红素的影响大于反式番茄红素。另外, 温度变化对不同结构顺式番茄红素降解的影响不同, 其中 13-顺式番茄红素在 37 °C 下贮藏起初阶段降解非常明显, 10 后其保留率小于 10%, 但是在接下来的贮藏过程中其降解速率非常缓慢, 贮藏 40 d 后保留率仍约为 4.5%。其余几种顺式番茄红素都逐渐降解。

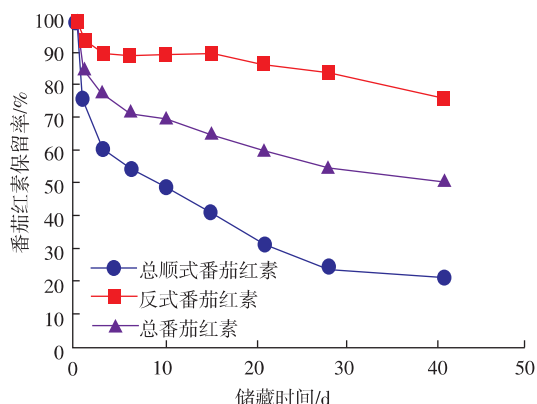


图 9 在 37 °C 储藏过程中番茄红素总量、反式番茄红素和顺式番茄红素总量的变化

Fig. 9 Change of total amount of lycopene, trans lycopene and total amount of cis-lycopene during the storage at 37 °C

参考文献:

- [1] Zechmeister L. Cis-trans isomeric carotenoids vitamin a and arylpolyenes[M]. New York: Academic Press, 1962.
- [2] Nguyen M L, Schwartz S J. Lycopene: chemical and biological properties[J]. *Food Technology*, 1999, 53(2): 38-45.
- [3] Roldan-Gutierrez J M, Castrom D L. Lycopene: The need for better methods for characterization and determination [J]. *Trends in Analytical Chemistry*, 2007, 26(2): 163-170.
- [4] Shi J. Lycopene in Tomatoes: Chemical and physical properties affected by food processing [J]. *Crit. Rev. Food Sci. & Nutr*, 2000, 40(1): 1-42.

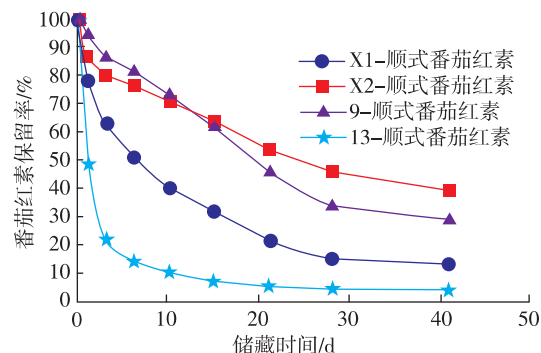


图 10 在 37 °C 储藏过程中各顺式番茄红素的变化

Fig. 10 Change of all cis-lycopene during the storage at 37 °C

3 结语

1) 在番茄红素微乳液在制备过程中全反式的番茄红素能异构化为 4 种不同结构的顺式番茄红素, 它们分别为: x_1 -cis、 x_2 -cis、9-cis 和 13-cis, 且在番茄红素微乳液中的质量分数分别为: 7.85%、9.64%、17.96% 和 15.65%。

2) 番茄红素微乳液在 4 °C 下贮藏时, 总顺式番茄红素保留率随贮藏时间的延长逐渐下降, 贮藏 40 d 后其保留率约为 80%。反式番茄红素的保留率在前 15 d 贮藏过程中呈缓慢的下降趋势, 15 d 之后其保留率呈缓慢的上升趋势, 28 d 时保留率最大达到 93.8%, 这可能是由于一部分顺式番茄红素异构化为反式番茄红素, 随后其保留率缓慢下降, 40 d 后保留率为 93%。随着贮藏温度的升高番茄红素的稳定性逐渐降低, 在 25 °C 下贮藏 40 d 后总顺式番茄红素和反式番茄红素保留率分别为 47.9%、88.1%, 在 37 °C 下贮藏 40 d 后总顺式番茄红素和反式番茄红素保留率分别为 21.2%、76.4%, 这说明温度能促进番茄红素的降解。

3) 番茄红素微乳液的各种番茄红素异构体中反式番茄红素最为稳定, 9-cis 次之, 13-cis 非常不稳定, 在 37 °C 下贮藏 10 d 其保留率小于 10%。

- [5] Lenore Arab, Susan Steck. Lycopene and cardiovascular disease [J]. **American Society for Clinical Nutrition**, 2000, 71(6): 1691-1695.
- [6] E Giovannucci. Tomatos, tomato-based products, lycopene and cancer: review of the epidemiologic literature [J]. **J Natl Cancer Inst**, 1999(91): 317-331.
- [7] Wilhelm Stahl, Helmut Sies. Uptake of lycopene and its geometrical isomers is greater from heat-processed than from unprocessed tomato juice in humans [J]. **Human and Clinical Nutrition**, 1992(122): 2161-2166.
- [8] M T Lee, B H Chen. Stability of lycopene during heating and illumination in a model system [J]. **Food Chemistry**, 2002(78): 425-432.
- [9] A C Boileau, N R Merchen, K Wasson, et al. Cis-lycopene more bioavailable than trans-lycopene in vitro and in vivo in lymph-cannulated ferrets [J]. **American Society for Nutritional Sciences**, 1999(129): 1176-1181.
- [10] Ferreira A, Yeum K J, Russell R M, et al. Enzymatic and oxidative metabolites of lycopene [J]. **Journal of Nutritional Biochemistry**, 2004(15): 493-502.
- [11] Schierle Joseph, Bretzel Werner, Buhler Ilme, et al. Content and isomeric ratio of lycopene in food and human blood plasma [J]. **Food Chemistry**, 1997, 59(3): 459-465.
- [12] C H Lin, B H Chen. Determination of carotenoids in tomato juice by liquid chromatography [J]. **Journal of Chromatography A**, 2003(1012): 103-109.
- [13] 李伟, 丁霄霖. 液固吸附色谱法分离番茄红素异构体 [J]. **食品科学**, 2003, 24(2): 48-51.
LI Wei, DING Xiao-lin. Separation of lycopene isomers by liquid-solid adsorption chromatography [J]. **Food Science**, 2003, 24(2): 48-51. (in Chinese)
- [14] Lovric T, Sablek Z. Cis-trans Isomerisation of lycopene and colour stability of foam-mat dried tomato powder during storage [J]. **Sci Fd Agric**, 1970, 21(12): 641-647.
- [15] 许时婴, 罗昌荣. 番茄粉在加工和贮藏过程中番茄红素稳定性的研究 [J]. **食品科学**, 2002, 23(8): 33-38.
XU Shi-ying, LUO Chang-rong. Study on the stability of lycopene in the process of tomato powder preparation and storage [J]. **Food Science**, 2002, 23(8): 33-38.

科技信息

我国完成世界首张西瓜基因组序列图

日前,我国主导完成世界首张西瓜基因组序列图谱的绘制与破译。

过去4年多时间,科研团队采用“全基因组鸟枪法”测序策略,得到总量约为46 G的基因序列数据,打开了西瓜生命活动的“黑匣子”。

科研团队发现,拼接后的序列覆盖83.2%的西瓜基因组,共鉴定出约23 440个基因,其中96.8%的基因已经精确定位到染色体上。进化分析表明,现代栽培西瓜11对染色体是由21对祖先染色体经过复杂的断裂和融合过程进化而来。

研究团队开展了西瓜维管束与果实发育转录组测序,获得了西瓜抗病性和品质等重要农艺性状的候选基因或基因标记,并应用到育种实践中。这项突破对推动西瓜育种和生产具有重大意义,也为破解葫芦科作物基因组研究奠定了基础。

[信息来源] 中国食品安全报. 我国完成世界首张西瓜基因组序列图 [EB/OL]. (2012-12-4). http://www.cfqm.com.cn/shoujibao/20121204/news_4_4.htm.

欧盟修订关于焦糖色素的消费者暴露评估数据

据欧盟食品安全局(EFSA)消息,12月19日欧盟食品安全局修订了2011年关于焦糖色素的消费者暴露评估数据。

最新数据显示,消费者的最新暴露数值低于原先的数值,大多数情况下的暴露估算值低于原先制定的每日容许摄入量(ADI),然而成人和学龄儿童所摄取焦糖色素的量较大,可能会超过焦糖色素E 150c的ADIs。

[信息来源] 食品伙伴网. 欧盟修订关于焦糖色素的消费者暴露评估数据 [EB/OL]. (2012-12-21). <http://www.foodmate.net/news/daodu/2012/12/220777.html>.